

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«МЕЖДУНАРОДНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ А.Д. САХАРОВА»

УДК 614.876+574.46

НИЛОВА
Екатерина Константиновна

**ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА БИОТУ ПРИ
ЭКСПЛУАТАЦИИ БЕЛОРУССКОЙ АТОМНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ**

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук
по специальности 03.01.01 – радиобиология

Минск, 2012

Работа выполнена в РНИУП «Институт радиологии» Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь.

Научный руководитель: **Аверин Виктор Сергеевич**
доктор биологических наук, доцент, директор
РНИУП «Институт радиологии» Министерства по
чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь

Официальные оппоненты: **Кенигсберг Яков Эммануилович**
доктор биологических наук, профессор,
заведующий лабораторией радиационной
безопасности ГУ «Республиканский научно-
практический центр гигиены», Председатель
Национальной комиссии Беларуси по радиационной
защите при Совете Министров Республики Беларусь

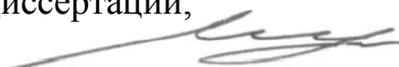
Кириллов Владимир Андреевич
доктор биологических наук, доцент, заведующий
лабораторией ЭПР-дозиметрии и цитологии
учреждения образования «Белорусский
государственный медицинский университет»

Оппонирующая
организация: ГНУ «Институт радиобиологии НАН Беларуси»

Защита состоится «30» ноября 2012 г. в 15.00 часов на заседании совета по защите диссертаций Д 02.28.01 при УО «Международный государственный экологический университет имени А.Д. Сахарова» по адресу: 220070, г. Минск, ул. Долгобродская 23, ауд. 312, тел.: +375-17-299-56-30, факс: +375-17-230-68-97, e-mail: info@iseu.by.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке УО «Международный государственный экологический университет имени А.Д. Сахарова».

Автореферат разослан «26» октября 2012 г.

Ученый секретарь совета по защите диссертаций,
кандидат технических наук, доцент  Н.А. Лысухо

ВВЕДЕНИЕ

Обязательной процедурой на стадии выбора площадки строительства атомной электростанции является оценка воздействия на окружающую среду, так как всегда существует вероятность того, что авария или преднамеренное действие могут привести к внештатному выбросу радиоактивных веществ в окружающую среду.

В последнее десятилетие произошёл сдвиг от антропоцентрической концепции к биоцентрическим (при которых защита должна распространяться на биоту) принципам обеспечения безопасности, была обоснована необходимость единого методологического подхода к радиационной защите, как человека, так и биоты.

Из пяти «режимов» строительства и эксплуатации АЭС (строительство, эксплуатация в нормальном режиме, максимальные проектные аварии, запроектные аварии и снятие с эксплуатации) наибольшее внимание общественности, как правило, уделяется запроектным авариям. Однако риски запроектных аварий для современных типов водо-водяных энергетических реакторов исключительно малы (не более 10^{-7} реактор/год), а возможные сценарии развития запроектных чрезвычайных ситуаций обладают высокой степенью неопределённости. Поэтому бóльший интерес может представлять надёжная оценка радиационного воздействия штатных и максимальных проектных аварийных выбросов АЭС. Методология оценки воздействия основывается на моделировании последствий нормальной эксплуатации и аварийных ситуаций на АЭС.

Научным комитетом по действию атомной радиации (НКДАР ООН) отмечается, что ввиду огромного разнообразия живых организмов не представляется возможным рассмотреть всех представителей флоры и фауны даже для отдельно взятого участка территории. Поэтому, в соответствии с современными подходами Международной комиссии по радиологической защите (МКРЗ) и Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ), радиационное воздействие на биоту необходимо оценивать для ограниченного числа референтных организмов, которые являются реперными при оценке воздействия ионизирующих излучений на биоту.

Разнообразие биогеоценозов, ландшафтов, видов растений и животных определяют необходимость оценки радиационного воздействия на биоту при эксплуатации и авариях для каждой отдельной АЭС. В Республике Беларусь начато строительство атомной электростанции на площадке в Островецком районе Гродненской области. Одним из обязательных условий, поставленных на этапе обоснования инвестиций и выбора площадки строительства АЭС, являлось проведение оценки радиационного воздействия на биоту при эксплуатации белорусской атомной электростанции.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с крупными научными программами и темами

Диссертационная работа выполнена в РНИУП «Институт радиологии» Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь в рамках реализации Государственной инвестиционной программы по объекту «Строительство атомной электростанции, включая проектно-сметные и изыскательские работы» в части «Обоснования инвестирования в строительство атомной электростанции в Республике Беларусь» (этап 4 «Оценка воздействия на окружающую среду», 1588-ПЗ-ОИ4, Книга 4, Раздел 9), НИР «Оценка радиационного воздействия на агроэкосистемы в результате планируемой деятельности АЭС» (договор №3 от 3 февраля 2009 года с Проектным научно-исследовательским республиканским унитарным предприятием «БелНИПИэнергопром», которое определено Указом Президента Республики Беларусь от 12 ноября 2007 г. № 565 генеральным проектировщиком для координации выполнения проектно-сметной документации на строительство АЭС).

Работа соответствует приоритетным направлениям научно-технической деятельности в Республике Беларусь на 2011-2015 годы, утвержденным Указом Президента Республики Беларусь от 22.07.2010 № 378: раздел 4 «Макротехнология «Атомная энергетика и ядерно-физические технологии»» (подраздел «минимизация воздействия атомной электростанции на окружающую среду») направления «Энергетика и энергосбережение» и п. 42 «Макротехнология «Охрана окружающей среды»» (подраздел «мониторинг и прогнозирование состояния окружающей среды, и оценка воздействия хозяйственной деятельности на окружающую среду при размещении, функционировании, перепрофилировании или ликвидации объектов») направления «Рациональное природопользование, ресурсосбережение и защита от чрезвычайных ситуаций».

Цель и задачи исследования

Цель исследования – оценить возможное радиационное воздействие на биоту при эксплуатации белорусской атомной электростанции (БелАЭС).

Для достижения поставленной цели должны быть решены следующие задачи:

- 1) оценить уровни загрязнения сельскохозяйственных земель и основных видов сельскохозяйственной продукции ^{131}I , ^{137}Cs и ^{90}Sr при нормальной эксплуатации БелАЭС;
- 2) выполнить прогноз загрязнения земель и основных видов сельскохозяйственной продукции ^{131}I , ^{137}Cs и ^{90}Sr для ситуации максимальной проектной аварии на БелАЭС в наиболее неблагоприятных метеоусловиях;

3) оценить дозы внутреннего и внешнего облучения объектов биоты (животных и растений) от выбросов при нормальной эксплуатации БелАЭС и в случае максимальной проектной аварии.

Предмет исследований: содержание радионуклидов в сельскохозяйственной продукции, дозы облучения биоты (животных и растений) в зоне воздействия БелАЭС.

Объект исследований: компоненты агроэкосистем (почва, растения, референтные животные) в зоне воздействия БелАЭС.

Положения, выносимые на защиту

1) Максимальные значения плотности загрязнения сельскохозяйственных земель в результате штатных выпадений в течение всего срока нормальной эксплуатации АЭС (на 60-й год работы) могут составить по ^{131}I – 0,03 Бк/м², по ^{137}Cs и ^{90}Sr – 10 Бк/м² и $0,4 \times 10^{-4}$ Бк/м², соответственно, что значительно ниже исходного уровня загрязнения, сформированного в результате испытаний ядерного оружия. Радиоактивное загрязнение сельскохозяйственных культур при нормальной эксплуатации АЭС по ^{137}Cs и ^{90}Sr не превысит действующих допустимых уровней.

2) При максимальной проектной аварии (4-го уровня по Международной шкале ядерных и радиологических событий ИНЕС) загрязнение земель ^{131}I может превысить 70 кБк/м² и сформировать значимое с точки зрения радиационной защиты поверхностное загрязнение сельскохозяйственных растений в первые 6-8 недель после проектной аварии. Наибольшие значения плотности загрязнения земель ^{137}Cs и ^{90}Sr при максимальной проектной аварии могут достигнуть 2 кБк/м² и 0,65 кБк/м², соответственно, и сопоставимы с уровнями глобальных выпадений. В случае максимальной проектной аварии радиоактивное загрязнение некоторых видов сельскохозяйственной продукции превысит установленные нормативы на ограниченной территории с наибольшей плотностью загрязнения только в первый вегетационный период после радиоактивных выпадений.

3) Максимальная поглощенная доза облучения биоты может быть сформирована γ -излучением струи радиоактивных газов до 0,2 мГр/год при нормальной эксплуатации и 1,3 мГр – в течение выброса в случае максимальной проектной аварии на БелАЭС. Общая поглощенная доза объектов биоты (животных и растений), как при штатных выпадениях за весь период эксплуатации, так и в случае максимальной проектной аварии не может превысить предельного значения дозы на биоту для аварийного облучения в 1 Гр.

Личный вклад соискателя

Для достижения цели исследования автором лично разработана и реализована в виде программного обеспечения математическая модель, с использованием которой автором выполнены прогнозы уровней загрязнения радионуклидами приземного слоя атмосферы, поверхности почвы,

сельскохозяйственной продукции и доз облучения объектов биоты (животных и растений) для сценариев нормальной эксплуатации и максимальной проектной аварии на БелАЭС. Полученные результаты обсуждены совместно с научным руководителем, заведующим лабораторией и опубликованы в соавторстве [1-9]. Всем коллегам, оказавшим помощь при проведении исследований, автор выражает искреннюю благодарность.

Апробация результатов диссертации

Материалы диссертации доложены на техническом совете РУП «БелНИПИэнергопром» по рассмотрению подготовленных материалов «Оценки воздействия атомной электростанции на окружающую среду» (Минск, 2009 г.); заседании Общественного координационного экологического совета при Министерстве природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь (Минск, 2009 г.). Результаты исследований были представлены на 5-й международной научно-практической конференции, посвященной 10-летию органов и подразделений по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь «Чрезвычайные ситуации, предупреждение и ликвидация» (Минск, 2009 г.); международной научно-практической конференции «Экологическая антропология» (Минск, 2009 г.); международной научной конференции молодых ученых, аспирантов, магистрантов, студентов «Экология человека и проблемы окружающей среды в постчернобыльский период» (Минск, 2010 г.); на секции информатики и радиоэлектроники Молодежного инновационного форума «ИНТРИ» (Минск, 2010 г.); на 6-й международной научно-практической конференции «Чрезвычайные ситуации, предупреждение и ликвидация» (Минск, 2011 г.); на международной конференции «Чернобыль: опыт международного сотрудничества при ликвидации последствий аварии» (Обнинск, 2011 г.); на международной научной конференции «Малые дозы» (Гомель, 2012 г.).

Опубликованность результатов диссертации

По теме диссертации опубликовано 12 научных работ: 5 статей (1,62 авторских листа), соответствующих пункту 18 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь, 2 статьи в других научных изданиях, 4 публикации в материалах международных научных конференций, 1 публикация в материалах Молодежного инновационного форума. Общий объем опубликованных материалов составляет 2,96 авторских листа.

Структура и объем диссертации

Диссертация изложена на 116 страницах машинописного текста и состоит из введения, общей характеристики работы, пяти глав, заключения, библиографического списка, содержащего 122 наименования, из которых 36 – на иностранном языке, и приложения на 2 страницах. Основной текст диссертации включает 23 формулы, 29 иллюстраций и 29 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Материалы и методы исследования

В диссертационной работе последствия эксплуатации атомной станции оценивались по уровням загрязнения сельскохозяйственной продукции и величинам поглощенных доз облучения биоты (животных и растений). Для оценки радиационного воздействия штатных и максимальных проектных аварийных выбросов применены геоинформационные технологии. Разработана геоинформационная модель, позволяющая выполнять прогнозы уровней загрязнения радионуклидами приземного слоя атмосферы, поверхности почвы, сельскохозяйственной продукции и доз облучения объектов биоты для сценариев нормальной эксплуатации и максимальной проектной аварии (МПА) на АЭС с реакторами типа ВВЭР на Островецкой площадке. Исходная информация о метеорологических условиях во время выброса и другие данные вводятся после запуска программного обеспечения. Выходные данные размещаются в электронных таблицах формата Microsoft Excel, которые далее используются для обработки и построения тематических карт с помощью MapInfo Professional. Результаты расчётов и параметры самой геоинформационной модели представляются в виде таблиц и тематических карт.

В основу расчетов концентраций радионуклидов в приземном слое атмосферы положена гауссова модель переноса поллютантов от мгновенного точечного источника. Исходными данными для построения прогнозов радиоактивного загрязнения сельскохозяйственных земель и продукции, а также доз облучения животных и растений от штатных и аварийных (в случае максимальной проектной аварии четвертого уровня по шкале ИНЕС (INES – International Nuclear Event Scale)) выбросов энергоблоков доз являлись информация о величине и радионуклидном составе выброса, продолжительности однофазного выброса, о высоте трубы энергоблока и высоте слоя перемешивания, категории атмосферной устойчивости, почвенно-климатических и других условиях, характерных для площадки размещения планируемой БелАЭС в Островецком районе Гродненской области.

В пределы 30-километровой зоны вокруг площадки БелАЭС входит вся территория Островецкого, часть Сморгонского и Ошмянского районов Гродненской области, Мядельского района Минской области, Поставского района Витебской области, а также территория сопредельного государства – Литвы. Основная часть исследуемой территории занята лесными насаждениями и сельскохозяйственными землями. Сельскохозяйственные предприятия специализируются на возделывании зерновых культур, льна, сахарной свеклы, рапса, картофеля, кормовых культур, производстве молока и мяса. В качестве референтных организмов в соответствии с требованиями НКДАР, МКРЗ,

МАГАТЭ и других международных организаций консервативно выбраны и сельскохозяйственные, и дикие животные. В целях консервативности (надёжности) оценок, мощность и изотопный состав штатных и максимального проектного аварийного выброса приняты по фактическим и проектным данным действующей Хмельницкой АЭС, на которой установлены реакторы аналогичного типа (ВВЭР-1000) предыдущего поколения.

Рассматривались наиболее консервативные сценарии выброса радионуклидов в окружающую среду и их перенос в атмосфере, определяющие наибольшее осаждение радионуклидов на поверхность почвы:

- выброс принимается однофазовым. При таком подходе будут иметь место максимальные концентрации в приземном слое воздуха, наибольшие уровни загрязнения почвы и сельскохозяйственной продукции, мощности дозы;
- при максимальной проектной аварии предполагается категория устойчивости атмосферы F и скорость ветра 1 м/с, только «сухое» осаждение радиоактивных веществ, соответствующее максимальным приземным концентрациям примеси за пределами промплощадки АЭС;
- высота выброса радионуклидов в окружающую среду при штатных выбросах принята равной 120 м, в случае максимальной проектной аварии – 20 м;
- максимальная проектная авария происходит в середине июня. При моделировании процесса поверхностного загрязнения сельскохозяйственных растений прирост надземной фитомассы не учитывался. Это консервативный подход, позволяющий оценить поверхностное очищение растений для любого момента времени в вегетационный период после выпадений;
- при оценке доз внешнего γ - и β - излучений от радионуклидов, выпадающих на почву в результате штатных выбросов, принимался консервативный вариант, предполагающий неизменность погодных условий в течение одних суток при наиболее вероятной категории устойчивости атмосферы D и скорости ветра 3 м/с;
- аэродинамическая шероховатость поверхности составляет $Z_0 = 10-100$ см.

Прогноз накопления радионуклидов в сельскохозяйственной продукции выполнен для типичных агроэкосистем исследуемой территории – земель пахотных почв, сенокосов и пастбищ. Выбор земель пахотных почв обусловлен тем, что на данных территориях производится основное количество сельскохозяйственной продукции, определяющей наибольший вклад в рацион и дозу внутреннего облучения. Прежде всего, это зерновые культуры, картофель и свекла. Для аэрального загрязнения значимо также загрязнение листовой зелени и трав естественных пастбищ. На естественных пастбищах произрастает основная масса трав, определяющих радиоактивное загрязнение молока и мяса в пастбищный период. В качестве критичных рассмотрены сельскохозяйственные земли на торфяных почвах, что связано со значительным накоплением ^{137}Cs и ^{90}Sr

травами в этих почвенно-экологических условиях, дальнейшей миграцией радионуклидов по пищевым цепям.

Прогноз уровней загрязнения сельскохозяйственной продукции осуществлен с помощью математических моделей, основанных на методе системного анализа. Коэффициенты перехода радионуклидов из почвы в растения и далее в продукцию животноводства в общем случае являются вероятностными величинами, зависящими как от почвенно-климатических условий местности, так и от случайных погодных факторов, дисперсности почвенных показателей и неопределённости их оценки. В работе использованы коэффициенты перехода, которые были определены Институтом радиологии МЧС Республики Беларусь путём систематизации данных многолетних (в течение 1987-2009 гг.) наблюдений поступления радионуклидов техногенного происхождения в сельскохозяйственную продукцию. Достаточное количество эмпирических данных о временном изменении параметров (многолетней динамики параметров накопления) позволило описать динамику распределения радионуклидов в исследуемой агроэкосистеме с учетом изменения параметров накопления растительностью во времени.

Расчеты проведены исходя из наиболее консервативного подхода, предполагающего максимально возможное накопление радионуклидов надземной фитомассой. Предполагалась наибольшая степень задерживания радионуклидов надземной фитомассой растений (до 70% зеленой массой и до 5% – зерном) с периодом полураспада – до 25 суток. При прогнозировании загрязнения предполагалось интенсивное корневое поступление, соответствующее:

- дерново-подзолистым песчаным почвам с содержанием подвижного калия до 140 мг/кг для ^{137}Cs в зерновых и корне-, клубнеплодах;
- дерново-подзолистым песчаным почвам с $\text{pH}_{\text{КСI}}$ менее 5 для ^{90}Sr в зерновых и корне-, клубнеплодах;
- торфяным почвам с содержанием подвижного калия до 250 мг/кг для ^{137}Cs в зеленой массе естественных пастбищ при оценке загрязнения говядины и молока в пастбищный период;
- пойменным землям с $\text{pH}_{\text{КСI}}$ менее 5 для ^{90}Sr в зеленой массе естественных пастбищ при оценке загрязнения говядины и молока в пастбищный период;
- отсутствию агромерелиоративных мероприятий на кормовых землях.

В течение моделируемого времени величина надземной фитомассы принята постоянной и максимальной, что соответствует сбору урожая. Величина биомассы перед уборкой для расчета удельной активности принята для зерна – 0,3 кг/м² (30 ц/га), для картофеля – 2,5 кг/м² (250 ц/га), для свеклы – 5,0 кг/м² (500 ц/га), для листовой зелени – 0,7 кг/м² (70 ц/га), для зеленой массы трав – 2 кг/м² (200 ц/га), что соответствует фактической урожайности в регионе исследований. Исходя из величины активности радионуклида в исследуемом виде

продукции (зерно, корне- или клубнеплоды, листовая зелень или травы естественных пастбищ) ($\text{Бк}/\text{м}^2$) и величины фитомассы на единице площади ($\text{кг}/\text{м}^2$) агроэкосистемы рассчитывалась удельная активность по каждому виду продукции ($\text{Бк}/\text{кг}$).

Консервативность оценки уровней загрязнения сельскохозяйственной продукции достигалась за счёт использования в расчётах максимальных значений плотности загрязнения почвы и максимальных коэффициентов перехода радионуклидов из почвы в растения (для торфяных почв и растительности естественных сенокосов и пастбищ).

При оценке доз облучения сельскохозяйственных животных и растений рассматривались следующие пути воздействия: внешнее облучение за счёт γ -излучения струи радиоактивных выбросов, γ - и β -излучения радиоактивного облака, β -излучения загрязнённой поверхности объектов биоты, γ -излучения почвы, а также внутреннее облучение при ингаляционном и пероральном пути поступления радионуклидов в организм животных.

Штатные и максимальные проектные аварийные выбросы АЭС с реактором типа ВВЭР не содержат топливных частиц, газов и аэрозолей с радионуклидами, распадающимися по схеме α -распада (актиноидов), поэтому α -частицы не участвуют в формировании дозы облучения. При расчётах доз для каждого из радионуклидов учитывалась его концентрация в приземном слое воздуха, период полураспада, а также квантовые выходы и энергия фотонов. Прогноз построен путем суммирования величин ожидаемых поглощённых доз от наиболее значимых радионуклидов, формирующих более 95% дозы.

Результаты исследования

Установлено, что при наиболее консервативном варианте, предполагающем неизменность погодных условий в течение одних суток при наиболее вероятной категории устойчивости атмосферы D и скорости ветра 3 м/с, в результате штатных выпадений на 60-й год эксплуатации (срок службы энергоблока) плотность загрязнения сельскохозяйственных земель может составить по ^{131}I – $0,03 \text{ Бк}/\text{м}^2$, по ^{137}Cs – $10 \text{ Бк}/\text{м}^2$ и по ^{90}Sr – $0,4 \times 10^{-4} \text{ Бк}/\text{м}^2$ с учетом радиоактивного распада. Приведённые значения уровней загрязнения сельскохозяйственных земель рассчитаны исходя из среднегодового выброса из вентиляционных труб двух энергоблоков действующей Хмельницкой АЭС с реакторами ВВЭР-1000 предыдущего поколения при нормальной эксплуатации (рисунок 1).

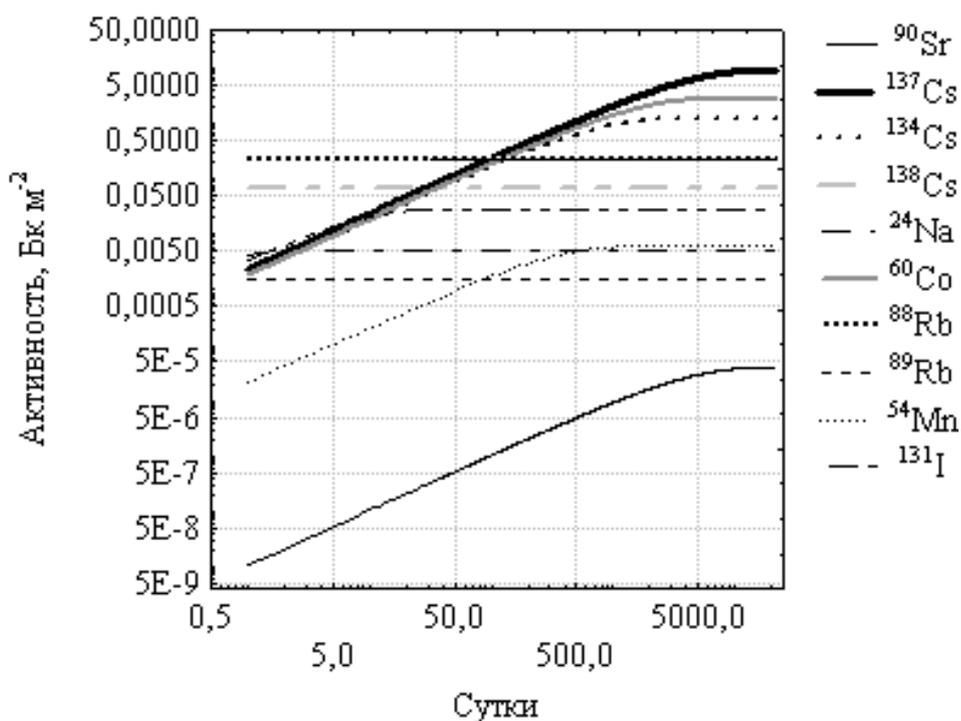
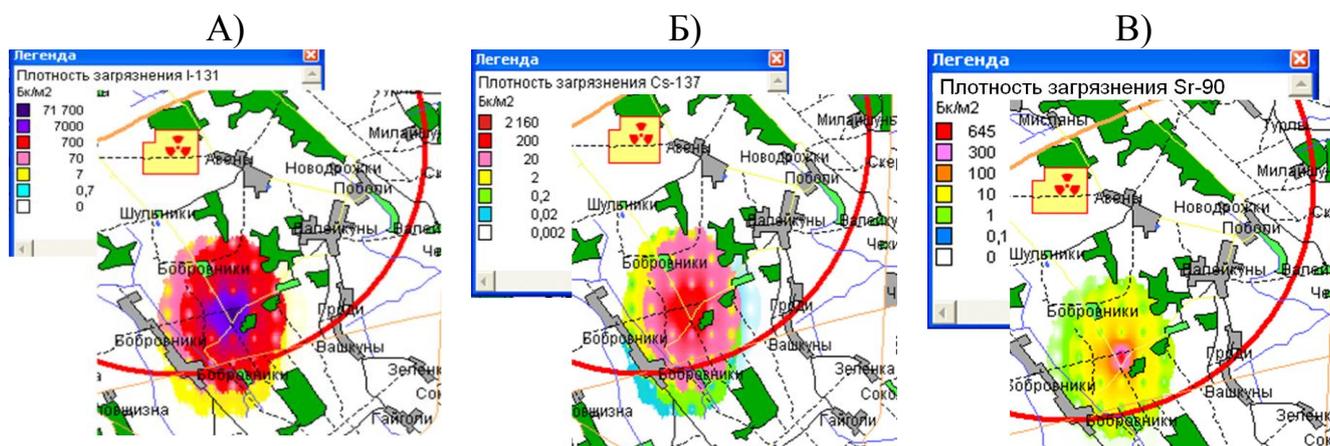


Рисунок 1 – Прогноз загрязнения почвы района размещения БелаЭС при нормальной эксплуатации

На рисунке 2 представлен прогноз загрязнения ^{131}I , ^{137}Cs и ^{90}Sr района размещения БелаЭС после максимальной проектной аварии четвёртого уровня шкалы ИНЕС. Показано, что максимальные значения загрязнения почвы ^{131}I могут достигать 70 кБк/м^2 , ^{137}Cs и ^{90}Sr – 2 кБк/м^2 и $0,6 \text{ кБк/м}^2$, соответственно.



Красной линией обозначена окружность радиусом 5 км от БелаЭС

Рисунок 2 – Прогноз плотности загрязнения поверхности почвы района размещения БелаЭС А) ^{131}I , Б) ^{137}Cs , В) ^{90}Sr в результате максимальной проектной аварии на АЭС (при скорости ветра 1 м/с ; скорости сухого осаждения: $0,008 \text{ м/с}$ – ^{137}Cs и ^{90}Sr ; $0,002 \text{ м/с}$ – радиоактивных изотопов йода; продолжительности однофазового выброса 10 ч , категория устойчивости атмосферы по Пасквиллу – F; высоте шероховатости поверхности – $0,1 \text{ м}$; суммарной активности выброса – 243 ТБк)

Максимальные уровни загрязнения почвы радионуклидами при указанных метеорологических условиях ожидаются на расстоянии 3 км от промплощадки АЭС по оси следа. Характерная площадь радиоактивного пятна не превысит 900 га, размер – 3×4 км, где 4 км – протяженность пятна по оси следа. Направление ветра при моделировании выбрано, с одной стороны, в направлении земель, находящихся в сельскохозяйственном пользовании (под пашню), с другой, – в соответствии с розой ветров. Указанные земли в момент радиоактивных выпадений могут быть отведены под пашню, на которой в регионе обычно возделываются зерновые, картофель, сахарная свекла, рапс, кормовые культуры, а также под сенокосы и пастбища для крупнорогатого скота.

Через 60 лет нормальной эксплуатации АЭС активность ^{137}Cs в зерне может достигнуть 0,002 Бк/кг, в корне-, клубнеплодах – 0,007 Бк/кг, в травах естественных пастбищ – 0,2 Бк/кг, в молоке – 0,09 Бк/л, в говядине – 0,4 Бк/кг (рисунок 3). Построение прогнозов активностей ^{137}Cs в травах естественных пастбищ, молоке и говядине выполнено исходя из предположения производства трав на торфяных почвах, являющихся наиболее критическими звеньями для миграции данного радионуклида в цепи почва-растение-животное-человек. При производстве исследуемой сельскохозяйственной продукции на дерново-подзолистой почве уровни её загрязнения ^{137}Cs будут в 4-5 раз ниже по сравнению с производством таковой на торфяной почве.

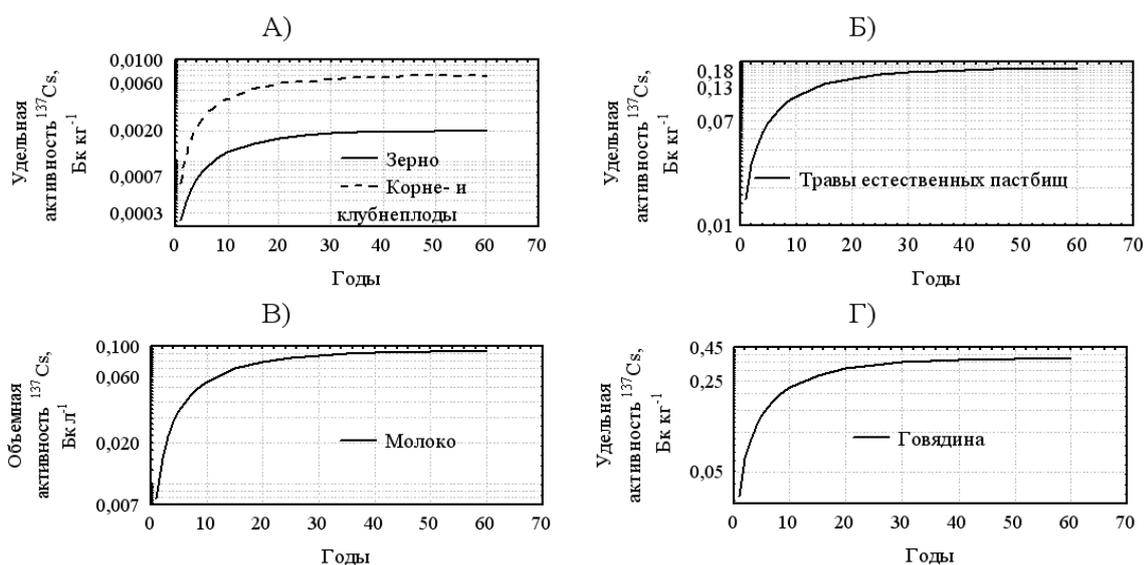


Рисунок 3 – Прогноз содержания ^{137}Cs А) в зерне (рожь, овес, ячмень) и корне-клубнеплодах (картофель и кормовая свекла) (Бк/кг); Б) в травостое естественных пастбищ (Бк/кг); В) в молоке при пастбищном содержании (Бк/л); Г) в говядине при пастбищном содержании (Бк/кг) при нормальной эксплуатации АЭС

При нормальной эксплуатации АЭС максимальная удельная активность ^{131}I в зерне установится на уровне до $7,5 \times 10^{-5}$ Бк/кг, в корне- и клубнеплодах – до 3×10^{-5} Бк/кг, в травах естественных пастбищ – до $1,5 \times 10^{-4}$ Бк/кг. Загрязнение

молока ^{131}I от коров, выпас которых производился бы в местах с максимальной плотностью загрязнения, составит около $7,3 \times 10^{-5}$ Бк/л. По причине низкого уровня загрязнения земель ^{90}Sr от штатных выбросов АЭС ($0,4 \times 10^{-4}$ Бк/м²), загрязнение этим радионуклидом сельскохозяйственной продукции не рассматривалось.

В случае максимальной проектной аварии на АЭС наибольшие уровни содержания ^{137}Cs , ^{90}Sr и ^{131}I ожидаются в наземной фитомассе вследствие поверхностного осаждения данных радионуклидов в точке с максимальной плотностью загрязнения. Активности ^{137}Cs , ^{90}Sr и ^{131}I могут составить, соответственно: в зерне около 350 Бк/кг, 100 Бк/кг и 10^4 Бк/кг; в надземной фитомассе сельскохозяйственных растений сенокосов и пастбищ – 500 Бк/кг, 160 Бк/кг и 15×10^3 Бк/кг; в листовой зелени – свыше 500 Бк/кг, 450 Бк/кг и 50000 Бк/кг; в молоке – 200 Бк/л, 14 Бк/л и 8×10^3 Бк/л. Максимальная удельная активность ^{137}Cs в говядине не превысит 600 Бк/кг. Далее ожидается интенсивное снижение активности в сельскохозяйственной продукции с периодом поверхностного полураспада 10-20 суток для ^{137}Cs и ^{90}Sr с последующей стабилизацией активности. Снижение активности ^{131}I в сельскохозяйственной продукции ожидается с периодом полураспада около 6 суток за счет радиоактивного распада и процессов поверхностного очищения (рисунок 4).

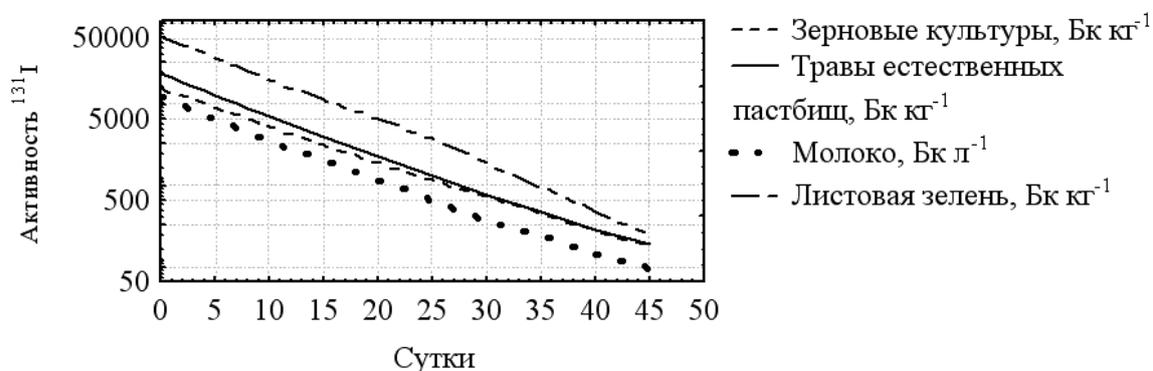


Рисунок 4 – Прогноз активности ^{131}I в зерновых культурах, травах естественных пастбищ, листовой зелени (Бк/кг) и в молоке (Бк/л) в результате максимальной проектной аварии

По мере очищения надземной фитомассы трав ожидается снижение объемных активностей и в молоке.

В последующие вегетационные периоды прогнозируется значительное снижение активности ^{137}Cs в сельскохозяйственной продукции по сравнению с периодом максимальной проектной аварии. В последующий год после выпадений загрязнение ^{137}Cs сельскохозяйственной продукции, производимой на территории с максимальной плотностью загрязнения, не превысит: зерна – 2 Бк/кг; трав естественных пастбищ на торфяных почвах ~ 30 Бк/кг (на дерново-подзолистых почвах в 4-5 раз ниже); молока и говядины, производимых на торфяных почвах –

20 Бк/л и 70,0 Бк/кг, соответственно; корне- и клубнеплодах – 1,5 Бк/кг (рисунок 5). Наиболее интенсивное снижение активности ^{137}Cs в сельскохозяйственной продукции ожидается в течение первых 10 лет после максимальной проектной аварии с периодом полуочищения около 3 лет, а в последующем – 20-25 лет из-за интенсивной сорбции почвенным поглощающим комплексом.

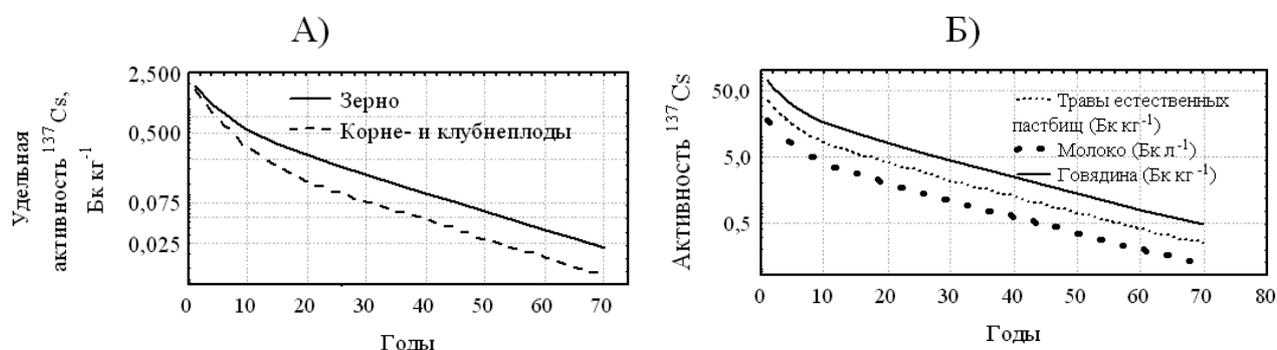


Рисунок 5 – Динамика активности ^{137}Cs в послеаварийный период А) в зерне (рожь, овес, ячмень) и корне- клубнеплодах (картофель и кормовая свекла) (Бк/кг), Б) в травостое естественных пастбищ, говядине (Бк/кг) и молоке (Бк/л), произведенных на торфяной почве с максимальной плотностью загрязнения

Максимальные значения активности ^{90}Sr в первый год после максимальной проектной аварии составят: в зерне ~ 1 Бк/кг, в травах естественных пастбищ ~ 2 Бк/кг, в молоке ~ 0,16 Бк/л, в картофеле ~ 0,4 Бк/кг, в кормовой свекле ~ 0,8 Бк/кг (рисунок 6). В дальнейшем будет происходить снижение активности с эффективным периодом полуочищения для зерновых культур – 24,8 года, для трав естественных пастбищ – 15-17 лет, для картофеля – 24,3 года, для кормовой свеклы – 22,7 года. Примерно на 87% снижение будет обусловлено радиоактивным распадом радионуклида и процессами фиксации радионуклидов в почвенном поглощающем комплексе, остальные 13% – его миграцией за пределы корнеобитаемого слоя почвы. Самые высокие уровни содержания ^{90}Sr предполагаются в травах естественных сенокосов, зерновых культурах и кормовой свекле. Наименьшее содержание данного радионуклида среди исследованных сельскохозяйственных продуктов ожидается в молоке.

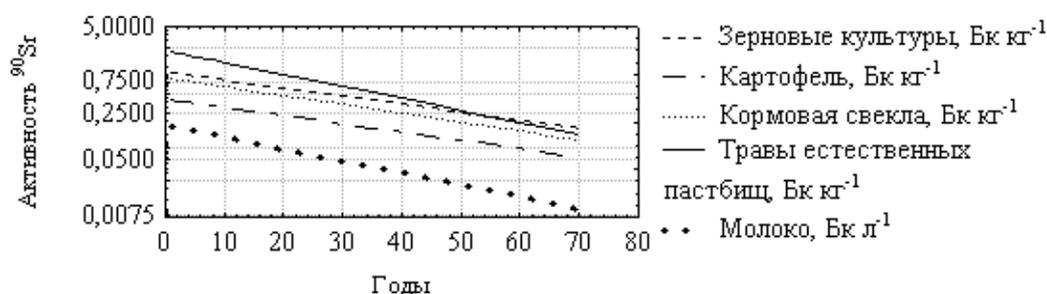


Рисунок 6 – Прогноз активности ^{90}Sr в зерновых культурах, травостое естественных пастбищ, картофеле, кормовой свекле (Бк/кг) и в молоке (Бк/л) после максимальной проектной аварии

Выполненная оценка радиоактивного загрязнения сельскохозяйственной продукции показала, что при эксплуатации Белорусской АЭС в штатном режиме необходимости в применении защитных мер нет, в районе размещения станции должен проводиться только мониторинг уровней загрязнения сельскохозяйственных земель, основных видов животноводческой и растениеводческой продукции. Максимальная проектная авария может привести к необходимости ограничить реализацию сельскохозяйственной продукции на пищевые цели только в первый вегетационный период после радиоактивных выпадений. Загрязнённая сельскохозяйственная продукция может быть использована в технических целях и в составе рационов кормления скота. Для минимизации последствий возможного аварийного загрязнения сельскохозяйственной продукции необходимо перевести животных на стойловое содержание с включением в рацион кормов, заготовленных в доаварийный период на 6-8 недель после максимальной проектной аварии (во избежание потребления животными радиоактивного йода).

Максимальная поглощенная доза облучения биоты может быть сформирована γ -излучением струи радиоактивных газов до 0,2 мГр/год при штатных выпадениях. Суммарная поглощенная доза от γ -излучения радиоактивного облака за сутки нормальной эксплуатации АЭС составит 0,01 мкГр. Мощность суммарной поглощённой дозы биоты над поверхностью почвы через сутки после начала эксплуатации АЭС составит 10^{-7} мкГр/ч, через 60 лет после начала нормальной эксплуатации БелАЭС – 5×10^{-6} мкГр/ч. На рисунке 7 представлен вклад γ -излучения наиболее значимых радионуклидов в суммарную поглощённую дозу животных и растений от γ -излучения почвы при штатных выбросах в точке с максимальной плотностью загрязнения при вводе в эксплуатацию и через 60 лет нормальной эксплуатации АЭС. Показано, что в течение срока эксплуатации АЭС увеличивается доля ^{137}Cs в формировании поглощённой дозы от γ -излучения почвы.

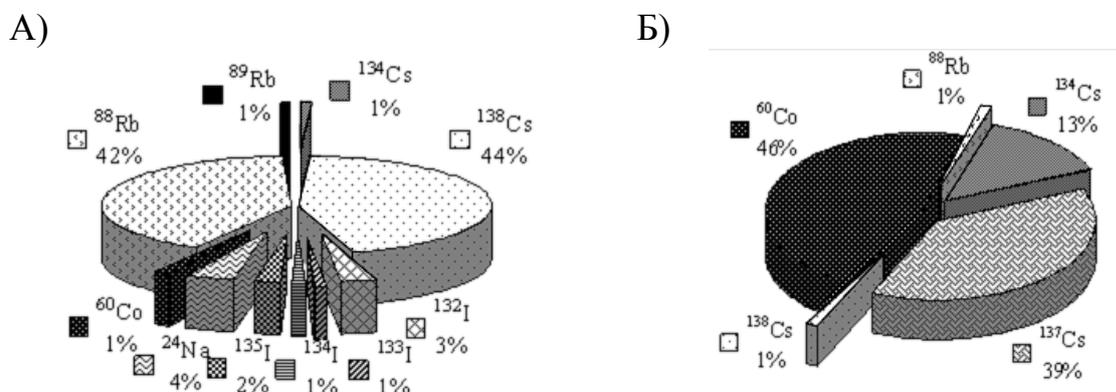


Рисунок 7 – Вклад наиболее значимых радионуклидов в суммарную поглощённую дозу от γ -излучения почвы в точке с максимальной плотностью загрязнения А) при вводе в эксплуатацию и Б) через 60 лет нормальной эксплуатации АЭС

При равных условиях радиоактивного загрязнения бóльшую поглощённую дозу от γ -излучения ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs , выпавших на почву, получит животное с меньшей массой организма (рисунок 8).

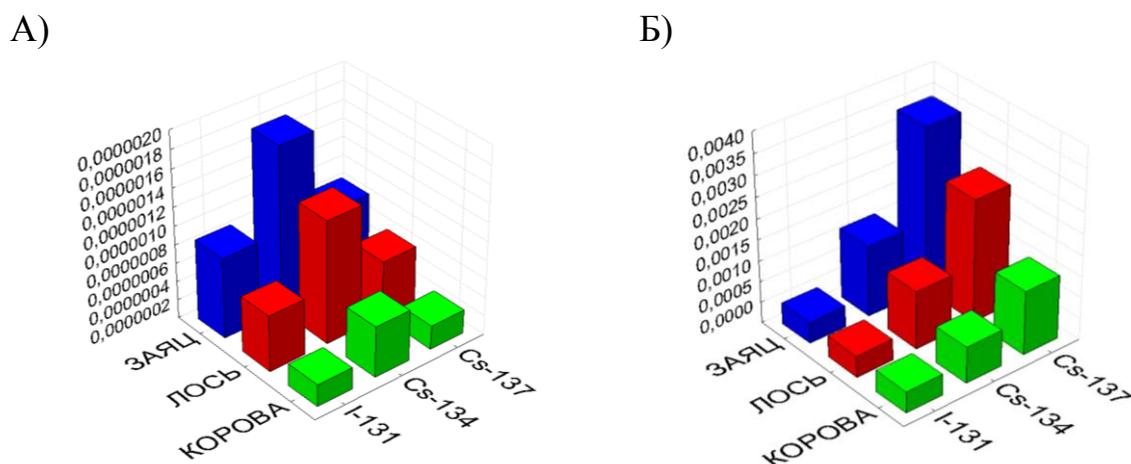


Рисунок 8 – Мощность поглощённой дозы зайца, лося и коровы от γ -излучения ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs , выпавших на почву, $\times 10^{-3}$ мкГр/ч А) при вводе в эксплуатацию, Б) через 60 лет после начала эксплуатации АЭС

Суммарная поглощённая доза от β -излучения радиоактивного облака за сутки нормальной эксплуатации АЭС составит около 0,004 мкГр. Инертные радиоактивные газы формируют более 99% суммарной дозы от β -излучения облака при нормальных условиях эксплуатации АЭС. Мощность суммарной поглощённой дозы при облучении базального слоя поверхности биологических объектов при загрязнении β -частицами и электронами конверсии при вводе в эксплуатацию АЭС может превысить 7×10^{-7} мкГр/час в точке с максимальной объёмной приземной концентрацией радиоактивной примеси.

В районе размещения БелАЭС суммарная поглощённая доза биоты от γ -излучения струи за 10 часов максимальной проектной аварии на АЭС с учетом квантовых выходов и энергий фотонов радионуклидов максимального проектного выброса может составить 1,3 мГр. Наибольшая объёмная приземная концентрация радиоактивной примеси в воздухе при максимальной проектной аварии составит 3,75 кБк/м³ на расстоянии 3 км от места выброса. Величина суммарной поглощённой дозы за 10 часов от γ -излучения радиоактивного облака в точке с наибольшей приземной концентрацией в случае максимальной проектной аварии превысит 0,002 мГр. Инертные газы (радиоактивные изотопы криптона и ксенона) формируют более 95% суммарной дозы от γ -излучения струи и облака в случае максимальной проектной аварии на АЭС. Интегральная доза животных и растений от γ -излучения поверхности, загрязненной радионуклидами почвы, полученная за первый час после максимальной проектной аварии составит 0,09 мкГр, за первые 150 суток после аварии – 0,007 мГр, при этом наибольшую долю поглощённой дозы за первые сутки после максимальной проектной аварии

от γ -излучения почвы формируют $^{131-133,135}\text{I}$. Величина суммарной поглощённой дозы за 10 часов от β -излучения радиоактивного облака в точке с наибольшей приземной концентрацией в случае максимальной проектной аварии составит 0,002 мГр. Инертные радиоактивные газы формируют более 98% суммарной дозы от β -излучения облака при максимальной проектной аварии на АЭС. В точке с максимальной объёмной приземной концентрацией радиоактивной примеси интегральная доза, сформированная β -частицами и электронами конверсии при равномерном загрязнении базального слоя поверхности биологических объектов за 20 суток (эффективный период удаления радиоактивных частиц с поверхности растений) после максимальной проектной аварии, может составить 0,6 мГр/см², при этом ^{131}I формирует значительную часть контактной дозы β -облучения за 20 суток после максимальной проектной аварии на АЭС. Как при штатных выпадениях за весь период эксплуатации, так и в случае максимальной проектной аварии дозы на биоту не превысят предельных значений в 1 Гр, качество животноводческой продукции, с позиции биохимического состава, не изменится.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

Впервые выполнен прогноз доз облучения объектов биоты, радиоактивного загрязнения сельскохозяйственной продукции от штатных выпадений и максимального проектного аварийного выброса АЭС с водо-водяными энергетическими реакторами, строительство которой планируется на Островецкой площадке. В результате исследования установлено:

1) На 60-й год нормальной эксплуатации БелАЭС (срок службы энергоблока) максимальные значения плотности загрязнения сельскохозяйственных земель могут составить по ^{131}I – 0,03 Бк/м², а по ^{137}Cs и ^{90}Sr – 10 Бк/м² и $0,4 \times 10^{-4}$ Бк/м², соответственно, что значительно ниже исходного уровня загрязнения, сформированного в результате испытаний ядерного оружия и чернобыльских выпадений. Эксплуатация атомной станции в течение 60 лет сформирует плотности загрязнения почвы ^{137}Cs на 2-3 порядка величины ниже существующих уровней, а ^{90}Sr – на восемь порядков. Удельная активность ^{137}Cs в зерне может составить 0,002 Бк/кг, в корне-, клубнеплодах – 0,007 Бк/кг, в травах естественных пастбищ – до 0,2 Бк/кг, в молоке – 0,09 Бк/кг, в говядине – 0,4 Бк/кг, удельная активность ^{90}Sr – на восемь порядков величины меньше современного уровня загрязнения сельскохозяйственной продукции. Указанные уровни загрязнения ^{137}Cs и ^{90}Sr значительно ниже действующих допустимых уровней [1, 2, 5, 6, 8-12].

2) При максимальной проектной аварии загрязнение земель ^{131}I может превысить 70 кБк/м² и сформировать значимое с точки зрения радиационной защиты поверхностное загрязнение сельскохозяйственных растений в первые 6-8

недель после МПА. Наибольшие значения плотности загрязнения земель ^{137}Cs и ^{90}Sr могут достигнуть 2 кБк/м^2 и $0,65 \text{ кБк/м}^2$, соответственно, что сопоставимо с уровнями глобальных выпадений. Радиоактивное загрязнение некоторых видов сельскохозяйственной продукции может превысить установленные нормативы только в первый вегетационный сезон на ограниченной территории с наибольшей плотностью загрязнения. Самые высокие удельные активности радионуклидов прогнозируются для листовой зелени: ^{137}Cs может превысить 500 Бк/кг , ^{90}Sr – 400 Бк/кг , ^{131}I – 50000 Бк/кг (в первые сутки после МПА на территории с наибольшим уровнем загрязнения), загрязнение многолетних трав сенокосов и пастбищ, зерновых культур, молока и говядины ожидается в меньшей степени. К последующим вегетационным периодам ^{131}I распадется, превышения содержания ^{137}Cs и ^{90}Sr в сельскохозяйственной продукции далее не ожидается. При этом наибольшие удельные активности ^{137}Cs в первые годы после выпадений среди исследованных видов растений будут наблюдаться в многолетних травах сенокосов и пастбищ. В травах на торфяных почвах содержание ^{137}Cs при максимальных плотностях загрязнения на оси следа может достигать 30 Бк/кг , в зерновых культурах и картофеле – до 2 Бк/кг , в молоке – до 20 Бк/л , в говядине – до десятка Бк/кг . Самые высокие уровни ^{90}Sr прогнозируются также в многолетних травах естественных сенокосов (но не более 2 Бк/кг в первый год после МПА на территории с максимальным уровнем загрязнения) [1, 2, 5, 6, 8-10, 12].

3) Максимальная поглощенная доза облучения биоты может быть сформирована γ -излучением струи радиоактивных газов: до $0,2 \text{ мГр/год}$ при штатных выпадениях и до $1,3 \text{ мГр}$ – в течение максимального проектного выброса на БелАЭС. Как при нормальных условиях эксплуатации АЭС, так и в случае МПА на энергоблоке, основную часть (более 95%) дозы облучения животных и растений будут формировать инертные радиоактивные газы. Общая поглощенная доза животных и растений как при штатных выпадениях за весь период эксплуатации, так и в случае максимальной проектной аварии не может превысить предельного значения дозы на биоту для аварийного облучения в 1 Гр , качество животноводческой продукции, с позиции биохимического состава, не изменится [3, 4, 7, 9, 10, 11].

4) Поскольку при эксплуатации БелАЭС в штатном режиме (в том числе на 60-й год эксплуатации) уровни загрязнения ^{137}Cs и ^{90}Sr сельскохозяйственной продукции прогнозируются значительно ниже действующих допустимых уровней, защитные меры могут не применяться, в районе размещения станции будет проводиться только мониторинг уровней загрязнения сельскохозяйственных земель, критических видов животноводческой и растениеводческой продукции. Максимальная проектная авария может привести к загрязнению отдельных видов сельскохозяйственной продукции выше установленных допустимых уровней на ограниченной территории в первый вегетационный период после радиоактивных

выпадений и необходимости временного запрета её реализации на пищевые цели. Загрязнённая продукция может использоваться в рационах кормления скота, направляться на технические цели, длительное хранение и на переработку. В первый пастбищный период после МПА рекомендуется переводить животных на стойловое содержание на 6-8 недель, включать в рацион «чистые» корма. В растениеводстве в первый вегетационный период после МПА – по возможности исключить операции, связанные с большим пылеобразованием. Во второй и последующий вегетационные периоды превышения нормативных пределов по содержанию ^{137}Cs и ^{90}Sr в продукции растениеводства и животноводства не ожидается, поэтому необходимости в применении долгосрочных защитных мероприятий не будет [5, 10].

Рекомендации по практическому использованию результатов

Результаты научных исследований использованы при подготовке тома 4 раздела 9 «Почвы. Сельское хозяйство. Оценка радиационного воздействия на агроэкосистемы» документа «Обоснование инвестирования в строительство атомной электростанции в Республике Беларусь. Оценка воздействия на окружающую среду», получившего положительное заключение государственной экологической экспертизы Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 13.07.2010 г., № 28.

Результаты диссертационной работы внедрены в учебный процесс кафедры общей гигиены, экологии и радиационной медицины УО «Гомельский государственный медицинский университет» (лекционные и практические занятия по дисциплине «Защита населения и объектов от чрезвычайных ситуаций» для студентов 4 курса медико-диагностического факультета) и могут быть использованы при разработке системы радиоэкологического мониторинга агроэкосистем в зоне воздействия БелАЭС.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в научных изданиях согласно перечню ВАК

1. Аверин, В. С. Применение геоинформационных технологий для оценки радиационного воздействия штатных и проектных аварийных выбросов / В. С. Аверин, К. Н. Буздалкин, **Е. К. Нилова** // Вестник Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь. – 2010. – №2(12). – С. 105–109.

2. Аверин, В. С. Загрязнение сельскохозяйственной продукции ^{131}I , ^{137}Cs и ^{90}Sr в результате штатных и аварийных выбросов АЭС/ В. С. Аверин, К. Н. Буздалкин, **Е. К. Нилова** // Чрезвычайные ситуации: образование и наука. – 2010. – №2(5). – С. 3–8.

3. Аверин, В. С. Оценка доз внешнего и внутреннего облучения объектов агроэкосистемы от штатных и аварийных выбросов АЭС / В. С. Аверин, К. Н. Буздалкин, **Е. К. Нилова** // Экологический вестник. – 2011. – №1(15). – С. 40–46.

4. Аверин, В. С. Дозы облучения животных и растений как результат радиационного воздействия АЭС с реакторами типа ВВЭР / В. С. Аверин, К. Н. Буздалкин, **Е. К. Нилова** // Веснік Мазырскага дзяржаўнага ўніверсітэта імя І.П. Шамякіна. – 2011. – №4(33). – С. 3–8.

5. Аверин, В. С. Прогноз радиоактивного загрязнения сельскохозяйственных земель и продукции ^{131}I , ^{137}Cs и ^{90}Sr в результате воздействия АЭС на Островецкой площадке / В. С. Аверин, К. Н. Буздалкин, **Е. К. Нилова** // Сб. науч. тр. / Ин-т леса НАН Беларуси. – Гомель, 2012. – Вып. 72: Проблемы лесоведения и лесоводства. – С. 509–518.

Статьи в других научных изданиях

6. Аверин, В. С. Прогноз загрязнения ^{131}I , ^{137}Cs и ^{90}Sr сельскохозяйственной продукции в результате штатных и аварийных выбросов проектируемой Белорусской АЭС / В. С. Аверин, К. Н. Буздалкин, **Е. К. Нилова** // Экологическая антропология: материалы XVII междунар. научно-практ. конф., Минск, 24-26 ноября 2009 г. / Бел. Комитет «Дети Чернобыля»; редкол.: Л. И. Тегако [и др.]. – Минск, 2010. – С. 43–46.

7. Аверин, В. С. Дозы внешнего и внутреннего облучения объектов агроэкосистемы от штатных и аварийных выбросов проектируемой Белорусской АЭС / В. С. Аверин, К. Н. Буздалкин, **Е. К. Нилова** // Экологическая антропология: материалы XVII междунар. научно-практ. конф., Минск, 24-26 ноября 2009 г. / Бел. Комитет «Дети Чернобыля»; редкол.: Л. И. Тегако [и др.]. – Минск, 2010. – С. 47–51.

Материалы конференций

8. Аверин, В. С. Геоинформационная модель для прогноза радиоактивного загрязнения сельскохозяйственной продукции в результате штатных и аварийных выбросов АЭС./ В. С. Аверин, К. Н. Буздалкин, Е. В. Копыльцова, **Е. К. Нилова** // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация: сборник тезисов докладов V Междунар. научно-практической конф., Минск, 8-9 июля 2009 г. / «НИИ пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций» МЧС РБ; редкол.: Э. Р. Бариев [и др.]. – Минск, 2009. – Т.1. – С. 24–26.

9. Буздалкин, К. Н. Факторы, определяющие радиационную опасность личного состава подразделений по чрезвычайным ситуациям./ К. Н. Буздалкин, **Е. К. Нилова** // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация: сборник тезисов докладов VI Междунар. научно-практической конф., Минск, 8-9 июня 2011 г. / «НИИ пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций» МЧС РБ; редкол.: А. Ю. Лупей [и др.]. – Минск, 2011. – Т.1. – С. 138–140.

10. Нилова, Е. К. Прогноз радиоактивного загрязнения сельскохозяйственных земель и продукции ^{131}I , ^{137}Cs и ^{90}Sr , доз облучения животных и растений в результате воздействия АЭС на Островецкой площадке (Республика Беларусь) / Е. К. Нилова // Чернобыль: опыт международного сотрудничества при ликвидации последствий аварии: сборник тезисов докладов Междунар. конф., Обнинск, 23-25 ноября 2011 г. / РАСХН ГУ ВНИИСХРАЭ; редкол.: Н. И. Санжарова [и др.]. – Обнинск, 2011. – С. 59–60.

11. Нилова, Е. К. Радиоактивное загрязнение сельскохозяйственных земель и продукции ^{131}I , ^{137}Cs и ^{90}Sr , дозы облучения животных и растений при нормальной эксплуатации АЭС / Е. К. Нилова // Малые дозы: сборник материалов междунар. науч. конф., Гомель, 26-28 сентября 2012 г. / Институт радиобиологии НАН Беларуси; редкол.: А. Д. Наумов [и др.]. – Гомель, 2012. – С. 93–95.

Материалы молодежного инновационного форума

12. Нилова, Е. К. Геоинформационная система для оценки воздействия радиоактивных выбросов АЭС / Е. К. Нилова // Материалы Молодежного инновационного форума «ИНТРИ», Минск, 29–30 ноября 2010 г. / ГКНТ РБ, ГУ «БелИСА», И. В. Войтов. – Минск, 2010. – С. 56–58.

РЭЗІЮМЭ

Нілава Кацярына Канстанцінаўна Ацэнка радыяцыйнага ўздзеяння на біёту пры эксплуатацыі Беларускай атамнай электрастанцыі

Ключавыя словы: атамная электрастанцыя, вода-вадзяны рэактар, нармальная эксплуатацыя, праектная аварыя, прагнозы забруджвання сельскагаспадарчых зямель і прадукцыі, дозы апраменьвання жывёл і раслін, ахоўныя мерапрыемствы.

Аб'ект даследавання: кампаненты біёты (глеба, расліны, рэферэнтныя жывёлы) у зоне ўздзеяння БелАЭС.

Прадмет даследавання: ўтрыманне радыёнуклідаў у сельскагаспадарчай прадукцыі, дозы апраменьвання біёты (рэферэнтных жывёл і раслін) у зоне ўздзеяння БелАЭС.

Мэта працы: адзначыць магчымае радыяцыйнае ўздзеянне на біёту пры эксплуатацыі беларускай атамнай электрастанцыі.

Метады даследавання: кампутарнае мадэляванне, прыкладная статыстыка.

Атрыманыя вынікі і іх навізна: Упершыню выкананы прагноз радыёактыўнага забруджвання сельскагаспадарчай прадукцыі, доз апраменьвання раслін і жывёл ад штатных выпадзенняў і максімальнага праектнага аварыйнага выкіду БелАЭС. Устаноўлена, што найбольшыя значэння шчыльнасці забруджвання зямель ^{137}Cs і ^{90}Sr пры максімальнай праектнай аварыі супастаўныя з ўзроўнямі глабальных выпадзенняў. Перавышэнне устаноўленых нарматываў радыёактыўнага забруджвання некаторых відаў сельскагаспадарчай прадукцыі чакаецца толькі ў першы вегетацыйны перыяд пасля максімальнай праектнай аварыі. Агульная паглынутая доза аб'ектаў біёты, як за ўвесь перыяд нармальнай эксплуатацыі, так і ў выпадку максімальнай праектнай аварыі не перавысіць гранічнага значэння дозы на біёту для аварыйнага апраменьвання ў 1 Гр.

Рэкамендацыі па выкарыстанні: Вынікі дысертацыйнай працы, выкарыстаныя пры падрыхтоўцы дакумента «Абгрунтаванне інвесціравання ў будаўніцтва атамнай электрастанцыі ў Рэспубліцы Беларусь. Ацэнка ўздзеяння на навакольнае асяроддзе», які атрымаў станоўчае заключэнне дзяржаўнай экалагічнай экспертызы Міністэрства прыродных рэсурсаў і аховы навакольнага асяроддзя Рэспублікі Беларусь ад 2010/07/13 г., № 28. Вынікі навуковых даследаванняў ўкаранёны ў навучальны працэс кафедры агульнай гігіены, экалогіі і радыяцыйнай медыцыны УА «Гомельскі дзяржаўны медыцынскі ўніверсітэт».

Вобласць ужывання: радыяцыйная абарона, экалогія.

РЕЗЮМЕ

Нилова Екатерина Константиновна

Оценка радиационного воздействия на биоту при эксплуатации Белорусской атомной электростанции

Ключевые слова: атомная электростанция, водо-водяной реактор, нормальная эксплуатация, максимальная проектная авария, прогнозы загрязнения сельскохозяйственных земель и продукции, дозы облучения животных и растений, защитные мероприятия.

Объект исследования: компоненты биоты (почва, растения, референтные животные) в зоне воздействия БелАЭС.

Предмет исследования: содержание радионуклидов в сельскохозяйственной продукции, дозы облучения биоты (референтных животных и растений) в зоне воздействия БелАЭС.

Цель работы: оценить возможное радиационное воздействие на биоту при эксплуатации белорусской атомной электростанции.

Методы исследования: компьютерное моделирование, прикладная статистика.

Полученные результаты и их новизна: Впервые выполнен прогноз радиоактивного загрязнения сельскохозяйственной продукции, доз облучения растений и референтных животных от штатных выпадений и максимального проектного аварийного выброса БелАЭС. Установлено, что наибольшие значения плотности загрязнения земель ^{137}Cs и ^{90}Sr при максимальной проектной аварии сопоставимы с уровнями глобальных выпадений. Превышение установленных нормативов радиоактивного загрязнения некоторых видов сельскохозяйственной продукции ожидается только в первый вегетационный сезон после максимальной проектной аварии. Общая поглощенная доза объектов биоты как за весь период нормальной эксплуатации, так и в случае максимальной проектной аварии не превысит предельного значения дозы на биоту для аварийного облучения в 1 Гр.

Рекомендации по использованию: Результаты диссертационной работы использованы при подготовке документа «Обоснование инвестирования в строительство атомной электростанции в Республике Беларусь. Оценка воздействия на окружающую среду», получившего положительное заключение государственной экологической экспертизы Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 13.07.2010 г. № 28. Результаты научных исследований внедрены в учебный процесс кафедры общей гигиены, экологии и радиационной медицины УО «Гомельский государственный медицинский университет».

Область применения: радиационная защита, экология.

SUMMARY

Nilova Ekaterina Constantinovna

Assessment of radiation exposure to biota in the context of Belarusian Nuclear Power Plant operation

Key words: nuclear power, pressurized-water reactor, normal operation and design-basis accident, contamination forecasts of agricultural lands and products, radiation exposures to animals and plants, protection measures.

Object of research: components of biota (soil, plants, reference animals) in the BelNPP surveillance zone.

Subject of research: radionuclide concentrations in agricultural products, radiation doses of biota (reference animals and plants) in the BelNPP surveillance zone.

The Purpose of the research: estimate the possible influence on biota from operating the Belarusian nuclear power plant.

Methods of the research: computer modeling, applied statistics.

Results achieved and their novelty: The forecasts of radioactive contamination in agricultural products, radiation doses of plants and animals resulted from the normal BelNPP operational depositions and maximum design-basis accidental release have been done performed for the first time. It has been established that the highest ^{137}Cs and ^{90}Sr land contamination densities in the result of the maximum design-basis accident are comparable to the levels of global fallouts. The cases of excess over the established limits for radioactive contamination of certain agricultural products are expected only during the first vegetation season after the maximum design basis. The total absorbed dose in biota objects both during the whole period of normal operation and in case of the maximum design-basis accident will not exceed 1 Gy accidental exposure which is the dose limit to biota.

Recommendations on application: Thesis results are used in preparation of the document "Rationale for investing in building a nuclear power plant in Belarus. Assessing the impact to the environment" which has received a positive feedback by the State Ministry of Natural Resources and Environment of the Republic of Belarus of 13.07.2010, № 28. The results of scientific research have been implemented in the learning process the Department of general hygiene, environmental and radiation medicine of "Gomel State Medical University".

Field of application: radiation protection, ecology.

Подписано в печать 25.10.2012 Формат 60x84 ^{1/16} Бумага офсетная
Гарнитура Roman Печать цифровая Усл.печ.л. 1,3 Уч.изд.л. 1,4
Тираж 60 экз. Заказ № 1520

ИООО «Право и экономика» Лицензия ЛИ № 02330/0494335 от 16.03.2009
220072 Минск Сурганова 1, корп. 2 Тел. 284 18 66, 8 029 684 18 66
E-mail: pravo-v@tut.by Отпечатано на издательской системе KONICA MINOLTA
в ИООО «Право и экономика»